

Terveysperusteiset ilmanvaihdon ohjearvot Euroopalle ja vaikutukset sisäilman terveysriskeihin Suomessa

Otto Hänninen ja Arja Asikainen

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos

TIIVISTELMÄ

Sisäilma on merkittävä terveyteen ja työkykyyn vaikuttava tekijä. Sisäilman laatuun vaikuttavat monet tekijät, joista yksi on ilmanvaihto. EU DG Sanco:n rahoittamassa HEALTHVENT-hankkeessa (2010-2013) kehitettiin terveysperusteiset ilmanvaihtoperiaatteet Euroopalle. Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen (THL) arviot osoittavat, että ilmanvaihto ilman muita toimenpiteitä ei poista sisäilmanlaatuun liittyviä terveysriskejä, vaan lisäksi tarvitaan sekä ilmansuodatusta että sisälähteiden rajoittamista. Koko Euroopassa sisäilman aiheuttamaksi tautikuormaksi arvioitiin n. 2 miljoonaa menetettyä tervettä elinvuotta (DALY) ja Suomessa 13 000. Tästä kuormasta ilmanvaihdon terveysperusteisten ohjearvojen avulla voidaan poistaa 15-50 prosenttia.

SISÄILMA ON KESKEINEN TERVEYSDETERMINANTTI

Vietämme valtaosan elämästämme sisätiloissa. Tuskin siis on ihme, että sisäympäristön laadulla on suuri merkitys terveydelle. Uusimmat arviot saastuneen sisäilman aiheuttamien terveyshaittojen suuruusluokasta osoittavat, että todennäköisesti kyse on suurimmasta ympäristön kemikaalien ja saasteiden aiheuttamasta riskistä /1/.

Ilmanvaihto on keskeinen tekijä sisäilman laadun muodostumisessa, mutta haittojen alentaminen ei kuitenkaan onnistu vain ilmanvaihtoa lisäämällä /1/. Huomattava osa haitoista aiheutuu ulkoilmasta peräisin olevista saasteista, mm. siitepöly- ja pienhiukkasista /2-5/.

Ilmansaasteet on merkittävä uhka terveydelle myös Suomessa. SETURI-hankkeessa arvioitiin Suomessa aiheutuvan 1 800 ylimääräistä kuolemantapausta vuosittain pienhiukkasten takia /2/ ja huomattava määrä muita haittoja passiivitupakoinnin, radonaltistusten ja kotien kosteusvaurioiden takia /3/. Myös EBoDE-hankkeessa ilmansaasteet selkeästi hallitsivat tautitaakkaa suhteessa muihin mukana olleisiin altisteisiin. Ilmansaasteiden kokonaisvaikutus Suomessa oli n. 34 000 menetettyä tervettä elinvuotta (DALY, diskonttaamaton) /4-5/. Rahallisesti kyseessä saattaa olla arvovaltaisen tutkimusryhmän äskettäin päivitetyn arvion mukaan jopa lähes miljardi euroa vuodessa /6/.

Viime vuonna päättyneessä Euroopan Unionin rahoituksella toteutetussa kansainvälisessä HEALTHVENT-yhteistyöhankkeessa arvioitiin sisäilman aiheuttaman tautitaakan alentamismahdollisuuksia osana projektissa kehitettyjen ilmanvaihdon ohjearvojen tehokkuuden arviointia. Vallitsevaa ilmanvaihtoa arvioitiin käytettävissä olevaan aineistoon perustuvalla tilastollisella mallilla /7/. Suomessa asuntojen ilmanvaihto noudattaa keskimäärin melko hyvin rakentamismääräyksiä, joiden mukaan ilmanvaihdon

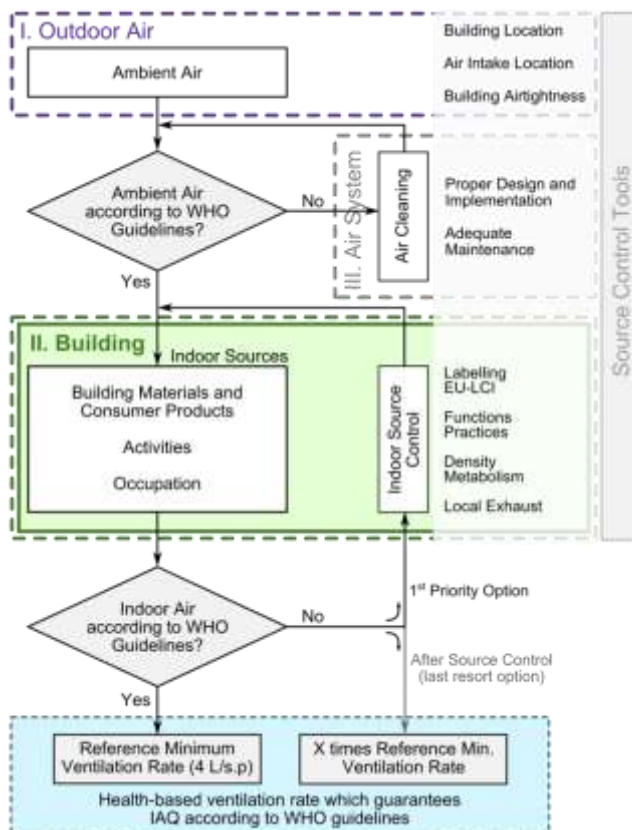
on oltava 0.5 vaihtoa tunnissa. Ilmanvaihto kuitenkin vaihtelee huomattavasti, ja merkittävässä osassa rakennuskantaa tavoitetaso alitetaan /7/.

Sisätiloissa tapahtuvien epäpuhtauspäästöjen aiheuttamat altistuspitoisuudet voivat kohota riittämättömän ilmanvaihdon vallitessa erittäin korkeiksi. Merkittäviä sisäilman saastelähteitä ovat mm. tupakointi, pienhiukkaspäästöt poltto- ym. prosesseista, hää, radon, kosteusvauriot ja erilaisista kuluttajatuotteista ja materiaaleista peräisin olevat hiilivedyt. Sisälähteistä ja ulkoilmasta peräisin olevien ilmansaasteiden pitoisuudet sisällä ovat käänteisiä. Ilmanvaihdon lisääminen alentaa tehokkaasti sisälähteiden vaikutusta, mutta samalla nostaa ulkoilmasta peräisin olevia pitoisuuksia.

Pääosa altistumisestamme ulkoilmasta peräisin oleville ilmansaasteille tapahtuu sisätiloissa ja ulkolähteiden keskeinen rooli näkyykin siinä, että kokonaisuutena kansanterveyden kannalta optimaalinen ilmanvaihtotaso löytyy nykytasoa alemmaa.

ILMANVAIHDON OHJEARVOJEN MÄÄRITTÄMINEN

HEALTHVENT-ohjearvot (kuva 1) ilmanvaihdolle muotoiltiin siten, että kaikki nämä tärkeät kolme elementtiä huomioidaan: ulkoilman laatu, joka suhteutetaan Maailman terveysjärjestön terveysperusteisiin altistusohjearvoihin, tilan käyttötarkoitus ja mahdollisten sisälähteiden rajoittaminen ennen tavoitteena olevan ilmanvaihtotason asettamista (Kuva 2) /9/. Ihmisistä itsestään peräisin olevien päästöjen kuten hiilidioksidin ja kosteuden rajoittamiseksi turvalliselle tasolle riittää 4 litraa sekunnissa ilmanvaihto henkeä kohti. Tätä tasoa ei koskaan pitäisi alittaa – mutta sisälähteiden läsnä ollessa se pitää monin paikoin reilustikin ylittää./9/

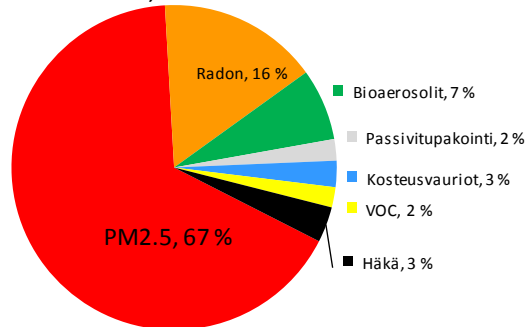


Kuva 1. Terveysperusteisten ilmanvaihdon ohjearvojen määrittely /9/.

TAUTITAAKKA-ARVIOT

Suomessa lähtötilanteessa arvioitiin menetettävän hiukan yli 13 000 tervettä elinvuotta (DALY) vuonna 2010 sisäilma-altisteiden takia (Kuva 3, baseline). Altisteista merkittävimpiä ovat pienhiukkaset (67%) ja radon (16%) (Kuva 2). Sisälähteiden osuus tautitaakasta vuonna 2010 Suomessa oli 42,5% ja ulkolähteiden 57,5% (kuva 3).

Sisäilman aiheuttama tautikuorma, 2010

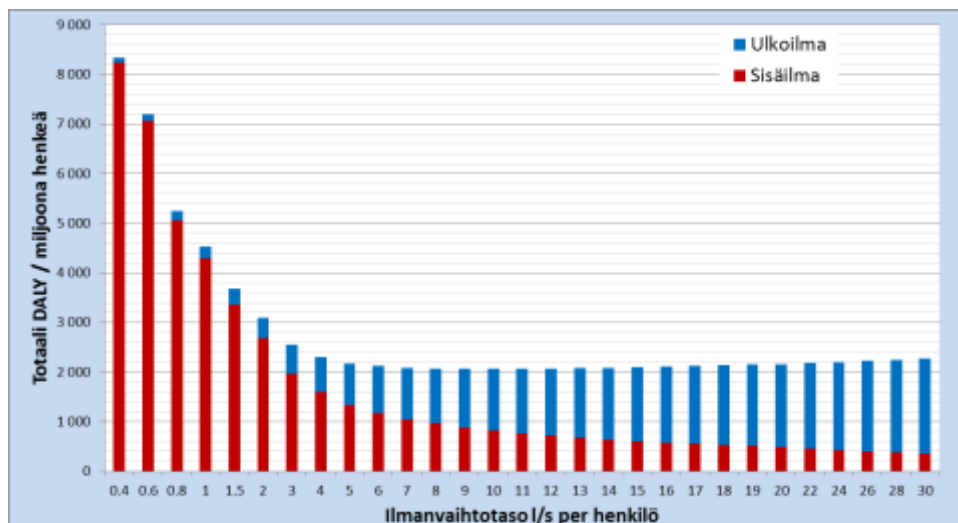


Suomi

Kuva 2. Sisäilman aiheuttama tautikuorma Suomessa vuonna 2010 on noin 13 000 menetettyä tervettä elinvuotta (DALY). Kuvassa nähdään tautitaakan jakautuminen altisteittain. /8/

Tautitaakan alentaminen

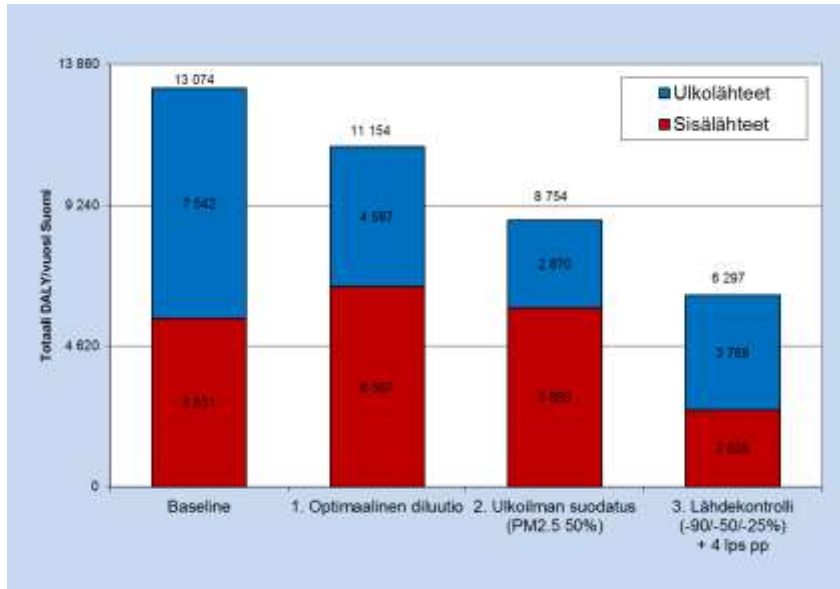
Hankkeessa arvioitiin mahdollisuuksia alentaa sisäilmatilustusten terveyshaittoja käyttäen vaihtoehtoisia strategioita/1,8/. Ensimmäiseksi pyrittiin selvittämään, millainen olisi nykytilanteen optimaalinen ilmanvaihto, jos ulko- ja sisäilman lähteille ei tehtäisi mitään vaan ainoastaan säädettäisiin ilmanvaihtoa tavoitteena mahdollisimman alhainen tautitaakka. Kuvassa 3 tämä optimi löytyy 9,5 l/s per henkilö kohdalta. Tällöin lähtötilanteen tautitaakkaa voitaisiin leikata n. 15% (kuva 4). Ilmanvaihdon vaihdellessa välillä 7,3 – 12,75 l/s per henkilö saavutetaan vähintään 95% maksimaalisesta terveyshyödystä.



Kuva 3. Tautitaakan muutos ilmanvaihtotasoa säädettäessä.

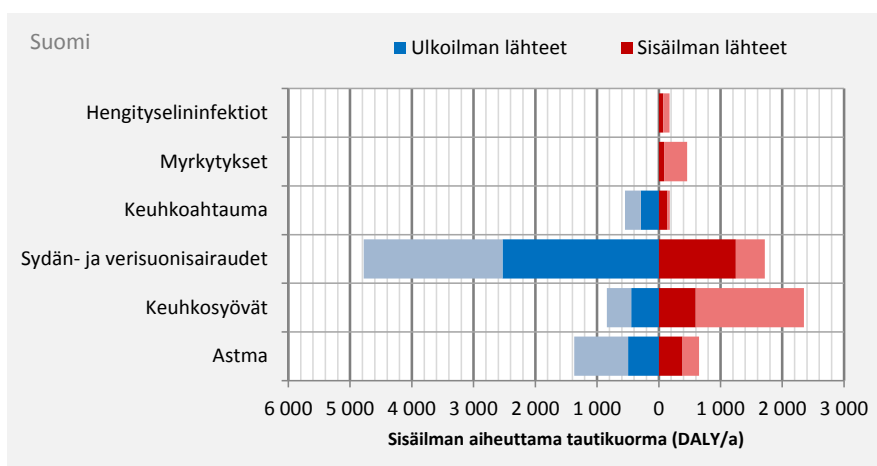
Toisena vaihtoehtona tarkasteltiin tilannetta, jossa tuloilman suodattamisella pyrittiin rajoittamaan ulkoilman hiukkasten (PM_{2,5}) kulkeutumista sisätiloihin. Näin päästiin jo noin 30% parannukseen vuoden 2010 lähtötilanteeseen verrattuna.

Vielä parempaan tulokseen päästiin kuitenkin kolmannessa vaihtoehdossa, jossa oletettiin että radonista, hiilimonoksidista ja sisätupakoinnista voidaan poistaa 90%, hiilivedyistä ja kosteusvaurioista 50% ja sisälähteiden hiukkasista 25%, ja ilmanvaihtotasoa säädettiin 4 l/s per henkilö. Suomessa tämä tarkoittaa tautitaakan alentumista n. 6 300 DALY:n vuodessa, siis 48%:iin lähtötilanteesta (kuva 4).



Kuva 4. Sisäilma- ja ulkoilman lähteiden aiheuttama tautitaakka Suomessa tarkasteluilla ilmanvaihtoskenaarioilla.

Terveysvaikutuksista merkittävimpiä ovat sydän- ja verisuonisairaudet (50%), keuhkosityöpä (24%) ja astma (15%). Viimeisessä skenaariossa saavutettu maksimaalinen alentamispotentiaali syntyy erityisesti sydän- ja verisuonisairauksista ja keuhkosityövästä astman ja muiden sairauksien osuuden jäädessä suhteellisesti pienemmiksi (kuva 5). Tuloksia esitellään tarkemmin mm. THL:n raportissa /1, 8/



Kuva 5. Sisäilman aiheuttama tautikuorma Suomessa 2010 ja siitä esitetyn toimenpitein maksimaalisesti poistettavissa oleva osuus tautiryhmittäin /8/.

POHDINTAA

Runsaasti varsin ansaittua huomiota herättänyt seikka oli se, että Euroopan Unionissa (EU27) vain 9 % väestöstä asuu alueella, jossa WHO:n ilmanlaadun vuosiohjearvo pienhiukkasille alitetaan /10/. Keskeiseksi nousee kysymys kuuluuko saastuneen ulkoilman puhdistaminen rakennuksen rakennuttajan tai omistajan velvollisuuksiin, vai pitäisikö lainsäädäntöä kehittää siten, että ulkoilma olisi lähtökohtaisesti terveellistä kaikkialla? Nyt ilmanvaihdon ohjearvot jouduttiin asetetun terveystasoon ohjaamana määrittelemään siten, että osana ilmanvaihdon suunnittelua ulkoilman laatu rakennuksen sijaintipaikalla on huomioitava ja että ulkoilman suodattamisella sen laatu on tuotava terveystasoon altistusohjearvojen tasolle. Tämä ilman muuta lisää ilmanvaihtojärjestelmän tehtäviä ja kustannuksia, mutta toteutettuna yhdessä energiatehokkuuden varmistamiseen tähtäävien rakenteiden kanssa tulee ainakin Suomen olosuhteissa kannattavaksi myös rahallisesti.

Kvantitatiivisen mallin tautitaakan alentamisosuudet toimenpiteittäin herättivät runsaasti keskustelua. Lähtökohtaisesti oli selvää, että ilmanvaihdon lisääminen laimentaa sisälähteiden aiheuttamia pitoisuuksia, mutta samalla lisää ulkoilman saasteiden kulkeutumista sisälle, ja että ulkolähteiden tautitaakka on väestötasolla varsin keskeinen. Silti vasta näiden komponenttien muuttaminen numeeriseen ja graafiseen muotoon toi selkeästi esille sen, että ilmanvaihdolla on kahtalainen rooli väestöaltistuksen muodostumisessa. Jos terveyttä pyritään edistämään vain ilmanvaihtoa säätämällä, siirretään kolikoita taskusta toiseen ja nettovaikutus jää pakostakin vähäiseksi.

Ilmanvaihdon optimointi väestötasolla terveystasoisesti on huono ohje ilmanvaihdolle ongelmakohteessa: silloin kun sisällä on merkittäviä epäpuhtauslähteitä, jotka voivat nostaa altistustasoja jopa tuhatkertaisesti, on riittävä ilmanvaihto varmistettava riippumatta ulkoilman laadusta. Ulkoilmassa pitoisuuksien vaihtelu harvoin ylittää yhtä kertaluokkaa ja rajoittuu ainakin Suomen olosuhteissa useimmiten kertoimen kaksi sisään. Silloin kun merkittävät sisälähteet nostavat sisäpitoisuutta enemmän, sisäilman laimentaminen ilmanvaihtoa lisäämällä on paitsi terveen järjen mukaista, myös selkeää terveyden edistämistä. Tämä fakta ei tietenkään kumoa sitä tosiasiaa, että tällaisessakin tapauksessa sisälähteen poistaminen olisi parasta terveydensuojelua. Ilmansaasteet ja sisällä tapahtuvat altistukset ovat joka tapauksessa keskeisiä myös kansanterveyden näkökulmasta /11/.

JOHTOPÄÄTÖKSET

Työ terveystasoisesti ilmanvaihdon ohjearvojen määrittämiseksi osoitti selkeästi työn monitahoisuuden. Sisäilman laatuun vaikuttaa suuri joukko tekijöitä, eikä niitä kaikkia voida hallita samoilla keinoilla. Ilmanvaihto yksinään voi vaikuttaa vain rajallisesti kokonaisuuteen, sillä haitalliset altisteet ovat peräisin sekä sisältä että ulkoa ja optimaaliset ratkaisut edellyttävät kaikkien mukana olevien tekijöiden tasapainoista huomiointia. Siten vanha viisaus, että laimentaminen on vain hätäratkaisu, vahvistui jälleen.

Työn keskeisin tulos lienee terveyshaittojen suuruusluokan vahvistuminen ja tärkeimpien päästölähteiden tunnistaminen (taulukko 1). Tuntemalla nämä peruslähtökohdat voidaan rakentaa kustannustehokkaita keinoja, joilla maksimaalinen osuus haitoista voidaan torjua.

Taulukko 1. Keskeiset johtopäätökset terveysperusteisista ilmanvaihdon ohjearvoista /1,9/.

1	Sisäilman terveysmerkitys on kiistaton ja erittäin huomattava
2	Sisäilman tautikuormaa kasvattavat Suomessa erityisesti ulkoilman pienhiukkaset ja maaperän radon
3	Kosteusvauriot saavat paljon ansaittua huomiota ja tätä työtä pitää jatkaa
4	Siitepölyjen eurooppalainen vaikutusarvio on Suomessa todennäköisesti ylimitoitettu
5	Ulkoilman laatu ei Euroopassa täytä Maailman terveysjärjestön terveysperusteisia laatuvaatimuksia; siten terveellisen sisäilman varmistaminen edellyttää 9/10 tapauksessa suodattamista

LÄHDELUETTELO

- Hänninen O, Asikainen A (eds.), 2013. Efficient reduction of indoor exposures: Health benefits from optimizing ventilation, filtration and indoor source controls. Terveystieteiden tutkimuskeskus (THL). Report 2/2013. 92 pages. Helsinki 2013. ISBN 978-952-245-821-6 (printed) ISBN 978-952-245-822-3 (online) <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-245-822-3> (viitattu 2013-06-06)
- Pekkanen J, 2010. Elin- ja työympäristön riskit Suomessa. Ympäristö ja Terveys 3:4-5.
- Hänninen O, Leino O, Kuusisto E, Komulainen H, Meriläinen P, Haverinen-Shaughnessy U, Miettinen I, Pekkanen J, 2010. Elinympäristön altisteiden terveysvaikutukset Suomessa. Ympäristö ja Terveys 3:12-35.
- Hänninen O, Knol A (ed.), 2011. European perspectives on Environmental Burden of Disease; Estimates for nine stressors in six countries. THL Reports 1/2011, Helsinki, Finland. 86 pp + 2 appendixes. ISBN 978-952-245-413-3. <http://www.thl.fi/thl-client/pdfs/b75f6999-e7c4-4550-a939-3bccb19e41c1> (viitattu 2011-03-23).
- Hänninen O, 2012. Kansanterveyden ympäristöuhat puntarissa: Ilmansaasteet merkittävässä roolissa. Ympäristö ja Terveys 3/2012: 24-29.
- Reijula K, Ahonen G, Alenius H, Holopainen R, Lappalainen S, Palomäki E, Reiman M, 2012. Rakennusten kosteus- ja homeongelmat. Eduskunnan tarkastusvaliokunnan julkaisu 1/2012. 207 ss. <http://web.eduskunta.fi/dman/Document.phx?documentId=er28612160849612&cmd=download> (viitattu 2013-06-28).
- Asikainen A, Hänninen O, Brelih N, Leal V, Allard F, Wargocki P, 2013. Proportion of residences in European countries with ventilation rates below the limit defined by regulations. International Journal of Ventilation. Accepted.
- Hänninen O, Asikainen A, 2013. Ilmanvaihto ja terveys - suuria mahdollisuuksia vai kinkkisiä kompromisseja. Ympäristö ja Terveys 5/2013:32-37.
- ECA, 2013. Guidelines for health-based ventilation in Europe (HealthVent). Report nr 30 of European Collaborative Action (ECA), Urban Air, Indoor Environment And Human Exposure. Environment and Quality of Life, EC Joint Research Centre, Ispra, Italy.
- EEA 2013. Air quality in Europe. European Environment Agency Report 9/2013, 112 pp. ISSN 1725-9177.
- Asikainen A, Hänninen O, Pekkanen J, 2013. Ympäristöaltisteisiin liittyvä tautitaakka Suomessa. Ympäristö ja Terveys 5/2013:68-74.